

Программа АФШ — 7

Проблема SETI

4-11 августа, 34 (32) лекции

Введение. «Формула Дрейка и программа школы» - Г.Бескин

Приводится формула Дрейка для оценки числа цивилизаций в Галактике. Обсуждается смысл сомножителей, в нее входящих. Предлагается построение занятий по проблеме SETI в виде набора лекционных блоков, каждый из которых посвящен анализу сомножителей в формуле. Именно таким образом проводилось первое советско-американское совещание по этой проблеме в 1971 году. Правда, проблема тогда называлась SETI (Communication with Extraterrestrial Intelligence).

I. Цикл «Физические предпосылки возникновения жизни» - 4 лекции

1-2 Антропный космологический принцип, тонкая настройка и неизбежность жизни в Мультивселенной – С.А. Трушкин (2 лекции)

Современная космологическая модель представляется мощной физической парадигмой, основанной как на глубокой теоретической мысли (инфляция, нуклеосинтез, стандартная теория элементарных частиц ...), так и на выдающихся результатах наблюдательной астрофизики (расширение вселенной, флуктуации реликтового микроволнового излучения, крупномасштабная структура барионного вещества, темная материя и темная энергия, гравитационные волны, бозон Хиггса).

Можем ли мы (уже) ответить на столь волнительный вопрос: возникновение жизни неизбежно? Или еще острее, является ли разумная жизнь естественным результатом эволюции Вселенной? Безграничная сложность заложена во Вселенной изначально. Но достаточно ли сложна земная жизнь, чтобы познать ее сложность. Современная научная мысль вселяет некоторый оптимизм. Вспоминая замечательную лекцию Олега Верходанова 2019 года, мы обсудим современные подходы (математическая вселенная, Вселенная как хранитель информации, эволюция живой материи, "тонкая настройка").

3. Звездная эволюция и синтез химических элементов - Д.З. Вибе

Кирпичиками, из которых строятся живые существа, являются атомы. И само наличие жизни, и её специфические характеристики зависят от свойств этих атомов и от их количества. В лекции я расскажу о том, как постепенно в ходе эволюции Вселенной заполнялись ячейки таблицы Менделеева, а также о том, почему количество атомов разных видов в нашей Вселенной так сильно различается.

4. Протопланетные диски и формирование планет – А.П. Топчиева

Обсуждаются свойства обнаруженных экзопланет в сравнении с таковыми в солнечной системе. Анализируются процессы формирования протопланетных дисков, их химический состав, структура. Приводятся результаты их наблюдений в различных диапазонах, а также моделирования процессов их формирования. Обсуждаются связи свойств протопланетных дисков с характеристиками экзопланет.

II. Цикл «Химия и жизнь» - 7 лекций

1. Астробиология: введение — Д.З. Вибе

Это молодая наука, изучающая происхождение, эволюцию и распространение жизни во Вселенной. Она интегрирует знания, полученные во всех науках о природе, от физики до геологии. В последние годы в ней широко используются результаты астрономических исследований в разных диапазонах, анализа физико-химических свойств межзвездной среды, данные наблюдений экзопланет.

2. Органика в межзвездном и околозвездном пространстве — Д.Вибе

Основу земной жизни составляют химические процессы с участием соединений углерода. Эти процессы считались ранее настолько неотъемлемой частью деятельности живых организмов, что участвующие в них молекулы стали называть органическими, а изучающий эти процессы раздел химии получил название органической химии. Однако теперь мы знаем, что органические молекулы могут синтезироваться вне живых организмов и вне Земли. В лекции мы поговорим о том, как и где в космосе могут образовываться органические молекулы, до какой степени сложности могут доходить молекулы в межзвездной и околозвездной среде и какова может быть их дальнейшая судьба.

3. Информационные молекулы, мир РНК и проблема нередуцируемой сложности — М. Никитин

Почему носителем нашей наследственной информации является ДНК? Почему вообще наследственная информация хранится в цифровой форме? Как возникла сложная система ДНК-РНК-белок, включающая в себя рибосомы и генетический код? На сегодня наилучший ответ на эти вопросы дает теория РНК-мира.

4. Жизнь до рибосомного синтеза белков и мира РНК — В. Анисимов

Идея так называемого «мира РНК» была предложена более 50 лет назад, и интенсивно экспериментально изучается начиная ещё с 80-х годов прошлого века. С тех пор благодаря определённым обнадеживающим результатам, с одной стороны, эта гипотеза нашла широкую поддержку в научном сообществе, а с другой стороны, часть фундаментальных проблем происхождения жизни ею либо вообще не решается, либо решается с очень большими натяжками и малореалистичными предположениями о характере среды, в которой эволюционировали первые живые организмы. Среди всё ещё не решённых проблем можно назвать, в частности, так называемый «водный парадокс», появление в реалистичных условиях внешней среды самореплицирующихся РНК, эволюция которых поддерживается отбором, очень слабые по сравнению с белками каталитические возможности РНК, проблема понимания причин исчезновения гипотетических рибозимов аминокислот-тРНК синтетаз и некоторые другие вопросы. Все эти факты позволяют предположить существование некоторых этапов предбиологической эволюции ещё до появления достаточно длинных цепочек РНК. По сути, на каком-то новом витке изучения проблемы, может быть возобновлена ушедшая в последнее время в тень дискуссия на тему «вначале репликация» или «вначале метаболизм». В свете перечисленных вопросов предполагается обсудить вариант зарождения жизни в среде сверхкритического углекислого газа, возможность существования на ранних этапах эволюции так называемого мира ПАУ (полициклических ароматических углеводородов), роль витаминов и простейших синтезируемых без участия рибосомы белков, абиогенный синтез ацетата как прообраз ацетатного цикла и синтеза липидов, абиогенный селективный синтез важных для жизни сахаров. Так же в докладе предполагается затронуть вопрос «недостающего звена» в современных гипотезах происхождения жизни.

5. Добиологический синтез – пути решения проблемы — В. Снытников

Сто лет назад Опарин А.И. и Вернадский В.И. предложили взаимоисключающие точки зрения на возникновение жизни. По Опарину на Земле, захватившей воду, при благоприятном воздействии Солнца произошло образование биомолекул и зарождение первых форм жизни. По Вернадскому жизнь на Земле «геологически вечна». Поэтому надо найти в космосе и воспроизвести в экспериментах «особые условия» для возникновения жизни. В конце 20-го века были открыты околозвездные диски, в которых могут складываться «особые условия». По гипотезе «астрокатализа» наша жизнь возникла в околосолнечном диске на допланетных временах при формировании современных метеоритов из углистых хондритов. Далее жизнь подстраивалась под нарождающиеся планеты. Известная гипотеза «панспермии» изначально предполагала вечность жизни и перенос ее между планетными системами. Но вечная жизнь не совместима с зарождением Вселенной в Большом взрыве. В лекции будет рассмотрено, какие идеи выдержали проверку временем.

6. Альтернативная биохимия и водно-углеродный шовинизм — М. Никитин

Жизнь на Земле основана на соединениях углерода и воде в качестве растворителя. В научной фантастике можно встретить множество описаний жизни на другой химической основе, например, кремниевой. Что биохимики думают об этом? Какие варианты химических основ жизни возможны, а какие нет, и почему? На каких планетах стоит искать жизнь, не похожую на нашу?

7. Панспермия - исторический обзор и современное состояние гипотезы — В. Анисимов

Гипотеза панспермии в современном её понимании не предполагает вечного существования жизни во Вселенной, она лишь рассматривает возможность появления её на Земле в результате занесения на неё одноклеточных организмов (или их спор) вместе с метеоритами. В докладе будет описана история идеи панспермии от античности до наших дней, факты, позволяющие рассматривать её всерьез (результаты исследования возраста последнего общего предка всех земных организмов, основанные на методе молекулярных часов, экстраполяция закономерности роста длины генома организмов с течением времени в прошлое, результаты исследования метеоритов и так далее). Так же будет рассмотрена справедливость применения к гипотезе панспермии так называемого принципа «бритвы Оккама». В заключение мы рассмотрим, какие следствия будет иметь факт появления жизни на Земле в результате её заноса из дальнего космоса, если гипотеза панспермии окажется справедливой.

III. Цикл «Планеты и жизнь» - 7 лекций

1. Эволюционное время и уравнение Дрейка — М. Никитин

В уравнение Дрейка входят вероятности различных событий, но не входит время. Однако мы знаем, что развитие жизни на Земле от примитивных форм до разумного вида заняло около 4 млрд лет – около 30% возраста Вселенной. Из палеонтологии мы знаем, что в развитии жизни на Земле были длительные, более 1 млрд лет, периоды застоя. Мы рассмотрим факторы, которые определяли темп эволюции биосферы Земли, и попытаемся оценить, насколько земные темпы эволюции типичны для Вселенной. Может быть, если подождать 10 млрд лет, Галактика будет полна разумных цивилизаций?

2. Разнообразие и эволюция фотосинтеза — М. Никитин

Фотосинтез – основной процесс, делающий биосферу планеты наблюдаемой на межзвездных расстояниях. Лекция посвящена обзору существующих на Земле вариантов фотосинтеза (кислородный и бескислородный, на основе хлорофилла, родопсина, флавина и меланина), их эволюционные связи и спектральные характеристики. Мы рассмотрим, как

на Земле происходила эволюция фотосинтеза, какие альтернативные варианты могли существовать в прошлом и какие характеристики Земли и Солнца были решающими для эволюции нашего варианта фотосинтеза.

3. Поиски жизни на планетах Солнечной системы (Марс, Венера) — С. Язев.

Лекция посвящена поискам жизни на Марсе и Венере. Будет дан краткий очерк истории изучения каналов и сезонных потемнений на Марсе (Скиапарелли, Ловелл, Тихов), а также обзор поисков жизни методами космонавтики (космические аппараты «Викинг» и «Феникс»), будет упомянута проблема метана на Марсе поданным космических аппаратов. Будет рассказано о напланетных исследованиях Венеры, проблеме фосфина, неизвестного поглотителя в атмосфере Венеры и истории «скорпиона» Ксанфомалити. Анализ гипотез о жизни в грунте Марса и атмосфере Венеры.

4. Поиски жизни на спутниках планет — С. Язев.

Лекция посвящена анализу гипотезы о возможности существования жизни на спутниках планет-гигантов. Открытие подледных океанов на Европе и Энцеладе, возможность подледных локальных океанов на Титане, Ганимеде, Тритоне, Церере. Анализ причин возникновения и существования резервуаров жидкостей в корях спутников и объектах пояса Койпера. Планы будущих миссий к спутникам планет-гигантов.

5. Жизнь на Венере - миф или реальность? — В. Снытников

Венера не меньше Марса окружена увлекательными мифами, древними и современными. Различить, где миф, а где правда, помогут новые миссии к Венере с названием "Венера-Д", подготовка которых ведется сегодня в РФ. Эти миссии запланированы на конец текущего десятилетия. Одна из центральных задач, которые будут решаться - обнаружение жизни в венерианских облаках и на поверхности Венеры. Советские космические аппараты, которые передали телевизионные изображения поверхности Венеры 40 лет назад, по мнению своих создателей обнаружили на ней живые организмы - первую внеземную жизнь в Солнечной системе. Жизнь в условиях поверхности Венеры должна кардинально отличаться от земной. С использованием результатов астробиологии будут обсуждаться возможные химические основы такой высокотемпературной жизни, а также идея американской миссии к сернокислотным облакам Венеры на предмет обнаружения в них бактерий.

6. Микрофоссилии на Земле и в метеоритах, грибы на Марсе — М. Никитин

В литературе можно встретить сообщения о грибах, прорастающих на Марсе, о скорпионах на фотографиях с Венеры и об окаменевших микробах в разных типах метеоритов. Как к ним относиться? Какие «подводные камни» могут поджидать нас при интерпретации мелких минеральных структур? Палеонтологи, изучающие земные микрофоссилии, много раз ошибочно принимали абиогенные структуры за остатки живых организмов.

7. Поиски биосигнатур у экзопланет. Жизнь на планетах у белых карликов — Г. Валявин

В лекции в популярной форме будет рассказано об основных биосигнатурах, которые могут быть использованы в исследованиях экзопланет, находящихся в зонах обитания. Будут рассмотрены и проиллюстрированы методы оптической астрономии, ориентированные на поиски этих сигнатур. Особое внимание будет уделено спектроскопическим, и фотометрическим методам детектирования в атмосферах экзопланет тех химических соединений, которые являются необходимыми для возникновения жизни земного типа. Будет также представлено популярное объяснение математической идеи восстановления прямого изображения поверхностей экзопланет в отраженном свете от их родительских звезд. Для всех методов будут проиллюстрированы требования к размерам телескопов, с помощью которых возможно будет открыть ту или иную биосигнатуру у планеты, схожую

с Землей, вращающуюся вокруг звезды солнечного типа. В конце лекции будут затронуты вопросы поиска биосигнатур у экзопланет несолнцеподобных карликовых звезд. В частности, у белых карликов.

IV. Цикл «Разум на Земле и в Космосе» - 5 лекций

1. Социальные структуры предков человека: иерархия и прогресс — С. Дробышевский

Наши родственники—обезьяны имеют разные варианты социального устройства. Одиночки и коллективисты, агрессивные тираны и миролюбивые добряки, владельцы гаремов и верные семьянины. Одни управляются твёрдой лапой, другие пребывают в анархии. Какие формы поведения были типичны для наших предков? Когда и на каких основаниях возникли формы доминирования и подчинения? Австралопитеки, неандертальцы, кроманьонцы—отличались ли они друг от друга и от нас? Как выглядели их семьи? Как это отражается на наших лицах и нашей жизни? С какого момента появились племена и народы? Как нам об этом узнать?

2. Эволюция мозга человека — С. Дробышевский

Мозг—наша гордость и краса! Именно интеллект делает человека человеком. Но не всегда наши предки были такими умными, не всегда имели такой большой мозг. Когда люди обзавелись таким замечательным органом? Как это происходило? По каким причинам? Откуда мы это знаем? Всё ли дело в размере или начинка важнее? Каковы были альтернативы? Кто мог стать разумным вместо нас и занять планету и почему наши предки всё же победили?

3. Происхождение человека — С. Дробышевский

Линия наших предков тянется от возникновения планеты и зарождения жизни. Антропогенез— раздел антропологии, изучающий происхождение человека, изменчивость человека и его предков во времени. Происхождение и главные особенности древних приматов стали залогом нашего появления, дали возможность именно им вырастить разумную ветвь эволюции. Финишная прямая пролегает от того момента, когда один из предков слез с дерева и встал на две ноги. Сахелянтропы, оррорины, ардипитеки и неведомые пока существа осваивали землю. Череда достижений — прямохождение, труд, орудия, огонь, жилища, погребения, обряды — тянется от обезьяноподобных существ через человекоподобных к совсем людям. Современная антропология может рассказать немало, но многое ещё предстоит открыть. Наряду с нашими прямыми предками жили двоюродные и троюродные родственники — наледи, нгандонгцы, хоббиты, денисовцы, неандертальцы. Некоторые из них пошли совсем странными путями, некоторые были весьма похожи на нас. Наш вид — единственный, который выжил в борьбе человечеств. Было бы это случайностью или закономерностью? Какие существа были нашими прямыми пращурами, а какие лишь отдалёнными родственниками? Чем человек похож на обезьяну и чем отличается от нее? Каковы наши главные человеческие свойства и откуда они взялись?

4. На пути к человеку: азы палеонтологии и основные ароморфозы от бактерии до человека — С. Дробышевский

Вооружённые представлениями о ходе эволюционного процесса, учёные могут восстановить наше прошлое от появления жизни до современности. Каждый следующий эволюционный шаг был случаен и не случаен: космические и планетарные события, мутации и рекомбинации случайны с точки зрения живых существ, а вот влияние этих сил на организмы и сложные взаимосвязи в экосистемах — вполне закономерны. Распутывание хитросплетений эволюционного процесса — любимое занятие палеонтологов. Что привело к нашему появлению? Как на это повлияли бактерии и движения материков, динозавры и цветы?

5. Жизнь и разум как закономерные этапы эволюции Вселенной – В. Анисимов

Принцип минимального действия является одним из самых фундаментальных свойств природы, из которого можно вывести большинство наблюдаемых её законов. Однако, для термодинамики, в силу необратимости описываемых ею процессов, отсутствия в классической и квантовой механиках понятий энтропии и свободной энергии, и некоторых других причин, его строгое применение затруднительно. Тем не менее, некоторые исследователи пытаются ввести его в термодинамику и теорию диссипативных систем феноменологически, предполагая в качестве базового принципа предположение, что любая термодинамическая система стремится двигаться к своему стационарному состоянию по такой траектории, которая приведёт её к нему за наименьшее время. Если данное предположение справедливо, то для нас открывается захватывающая возможность объяснить появление во Вселенной жизни и разума (а, как мы узнаем позже, это во многом неразделимые понятия) не как происшествия, имеющего фантастически маловероятную вероятность, а, скорее, как неизбежного следствия применения принципа минимального действия, а именно, так как система стремится как можно быстрее достичь своего конечного состояния, то она может и даже должна, использовать для этого нетривиальные «изобретения», позволяющие ей двигаться к этой точке как можно быстрее. Вполне возможно, что жизнь и является для неё в этом смысле одним из таких «продвинутых» изобретений. По сути, все последовательные этапы эволюции живой материи можно в этом смысле интерпретировать как последовательное создание всё более эффективных средств ускорения собственной эволюции, причём, в процессе этого движения было последовательно «изобретено» несколько высокоорганизованных уровней эволюции материи, каждый из которых порождал в результате своего функционирования следующий, более высокий уровень, работающий на иной «элементной базе». Тем не менее, все эти уровни функционировали (и продолжают функционировать), по сути, на основе одних и тех же достаточно простых принципов, в результате чего происходит всё ускоряющееся накопление системой информации. Как, и на основе каких конкретно механизмов это происходит, и будет рассмотрено в процессе лекции.

V. Настоящее и будущее земной и космических цивилизаций — 6 лекций

1. Нерешенные проблемы физики и SETI — С. Колякина

Лекция посвящена обзору еще нерешенных фундаментальных проблем физики. К ним относятся, квантовая гравитация, теория струн, теория всего, природа темной энергии и материи и.т.д. Обсуждаются возможные их решения и изменения представлений о Вселенной. Приводятся гипотетические варианты смены стратегии поисков ВЦ в контексте новых открытий.

2. Другая математика — Д. Мамий

Математический анализ, дифференциальные уравнения, аналитическая геометрия, теория вероятностей и статистика, линейная алгебра, дифференциальная геометрия и топология. Начальные элементы этих разделов математики мы изучали в течение трех лет. Было сложно и иногда не все понятно. Значительная часть изучавшихся тем была связана с так называемой непрерывной математикой. Но есть ДРУГАЯ МАТЕМАТИКА, тоже иногда не совсем понятная. Мы познакомимся с некоторыми яркими, актуальными и временами волнующими задачами, результатами и проблемами современной математики, которые относятся к дискретной математике и математической логике, а также их приложениям.

3. Разные цивилизации — разные математики?» - А. Бирюков

Представление о количественных категориях и операциях с ними можно назвать одним из самых фундаментальных свойств разума, практически не зависящих от контекста его

возникновения и развития. Мы поговорим о различиях и совпадениях в математической картине мира разных земных цивилизаций и порассуждаем о том, может ли математический язык лежать в основе обмена информацией с цивилизациями внеземными.

4. Техногенная и биогенная цивилизации: различия в проявлениях? — А. Самсонов

Как климатический режим планеты может меняться под действием внутренних факторов - роль экосистем в поддержании климата, возможности моделирования климатических режимов и считывание реального планетарного равновесия астрономическими методами. "Силлурийская" гипотеза в геологической летописи Земли и возможности реконструкции равновесий с помощью математических моделей.

5. Экономика и энтропия высокоразвитой цивилизации — А. Самсонов

История возобновляемых источников энергии как шаги минимизации энтропии климата. Микроволновой фон как неограниченный ресурс для минимизации энтропии обитаемых миров и способ их исследования. Генерация информации и технологии цивилизации. Первый и второй (дополнительный) законы Мура, экономика ресурсов и дополнительная экономика интеллекта, проблема аддитивности и информационное продолжение формулы Дрейка.

6. Технологическая сингулярность как возможное объяснение парадокса Ферми — В. Анисимов

Парадокс Ферми является одним из наиболее принципиальных вопросов современного естествознания, поиски его решения должны быть сосредоточены, по сути, на стыке философии, технических и гуманитарных наук. Во вступительной части доклада будет кратко описана легенда появления названия у обсуждаемого парадокса, история его обсуждения от исходной формулировки до наших дней, а также некоторые предложенные к настоящему времени его объяснения. В основной части доклада будет описана идея технологической сингулярности как следствия закономерностей развития жизни от её зарождения до наших дней. В заключительной части выступления будет предложено объяснение парадокса Ферми как следствия технологической сингулярности, перехода переднего фронта эволюции на другую "элементную базу" и возможного последующего разрушения современной земной цивилизации в результате появления внутренней неустойчивости, характерной для режимов с обострением (поведение систем с обострением в своё время изучалось в Институте Прикладной Математики под руководством С.П.Курдюмова).

VI. Цикл «SETI сегодня и завтра» - 3 лекции

1. От SETI к SETI: общие проблемы поиска ВЦ — А. Бирюков

В контексте исторического развития исследований по проблематике SETI рассматривается становление современного понимания этой области исследований и ожидаемые перспективы. Обсуждаются основные классические направления работы и мысли в проблеме SETI, – как в области практических наблюдений и поисков, так и в области теории. Показана особая роль «парадокса Ферми» в проблеме поиска внеземного разума и его влияние на формирование современных и перспективных стратегий поиска внеземных цивилизаций.

2. Старые идеи и новые программы SETI — Г. Бескин

Лекция посвящена обзору некоторых программ поиска сигналов ВЦ в радио и оптическом диапазонах. Обсуждаются стратегии, положенные в их основу, инструменты, с помощью которых проводятся наблюдения. Формулируются возможные критерии искусственности

сигналов. Приводятся результаты поиска сигналов ВЦ в оптическом диапазоне от звезд с земноподобными планетами в зонах обитания и вероятных маяков ВЦ в САО. Обсуждаются цели и задачи большой программы Breakthrough Initiative по поиску сигналов ВЦ и отправке космических кораблей к Proxima Cen. Приводятся примеры нестандартных вариантов поиска сигналов от цивилизаций III типа.

3. Феномен НЛО: какое он имеет отношение к проблеме SETI — С. Язев.

Лекция посвящена истории проблемы НЛО в США и СССР. Будет рассказано об основных этапах этой истории (наблюдения К. Арнольда, Росвелльский инцидент, деятельность Ф.Ю. Зигеля, Петрозаводский феномен, НЛО в период перестройки СССР). Будут приведены основные типы объектов, воспринимаемых как НЛО (ракеты, авиатехника, атмосферные явления). Будет выполнен анализ мистификаций, неадекватной психики, деятельности СМИ. Будет обоснован вывод о том, что проблема НЛО, по-видимому, не имеет отношения к проблеме SETI.